

Омаров Р.А., Ахметов Т.Д., Омар Д.Р.

ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА  
ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРОВ

R.A. Omarov, T.D. Akhmetov, D.R. Omar

RESEARCH METHODOLOGY AND RATIONALE FOR SELECTION INSULATING  
MATERIAL COLLECTORS

УДК: 636.631.3:621.3

*Предложена и разработана методика определения оптимальной толщины материала покрытия гелиоколлекторов. Выполнены расчеты на примере светопрозрачного покрытия из полигалла, которые подтверждают существование оптимума и адекватность теоретических и экспериментальных результатов. Данная методика может быть использована при расчетах оптимальной толщины других теплоизолирующих покрытий ГК.*

*Proposed and developed a method of determining the optimum thickness of the mother-ala cover collectors. Calculations by the example of a translucent coating polyhalite that confirm the existence and value of the optimum theoretical and experimental results. The technique can be used in the calculation of the optimum thickness of insulating coatings other CC.*

Техно-экономическая эффективность гелиоколлектора (ГК) – основного узла установки, зависит не только от показателей эксплуатационных издержек и энергетических характеристик, как принято считать, но и от их соотношения.

Сформулируем условие задачи. Из теории гелиоколлекторов известно, что 97...98% тепловых потерь происходят через материал покрытия его плоских поверхностей. Таковыми являются светопрозрачное покрытие и покрытие задней стенки ГК. Так же известно, что доля стоимости этих материалов в суммарных эксплуатационных издержках доходят до 80%. Следовательно, если выбрать тонкий материал, то возрастут тепловые потери и соответственно издержки на энергоноситель, которые необходимо затратить для возмещения этих потерь. Если увеличить толщину материала, то повысятся затраты на материал и соответственно эксплуатационные издержки. Но при этом снижаются тепловые потери и соответствующие издержки на энергоноситель. Приведенное свидетельствует, что между этими показателями существует взаимосвязь. Также есть основание предполагать, что существует оптимальная толщина материала, при которой будут минимальные суммарные издержки.

Для решения задачи воспользуемся формулой суммарных издержек:

$$\sum u = u_1 + u_2$$

где:  $u_1$  – издержки от использования материала покрытия,  $у.е./м^2$ ;  $u_2$  – издержки на энергоноситель,  $у.е./м^2$ .

Рассмотрим зависимость издержек на энергоносители от сопутствующих факторов. Годовые издержки на энергоноситель зависят от цены на энергоноситель, который должен заместить количество

потерянной через покрытие ГК энергии в году. Количество израсходованного энергоносителя, по определению, будет пропорционально годовому количеству потерянной энергии. Его величину можно рассчитать через коэффициент тепловых потерь, среднегодовую разность температур между внутренней температурой ГК и окружающей средой и среднегодовое количество часов работы ГК. Соответственно, формула расчета удельных годовых издержек на энергоноситель, приведенная к квадратному метру поверхности, будет иметь следующий вид:

$$u_2 = C_{эн} \cdot k_1(x) \cdot \Delta t \cdot n_1 \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

где:  $C_{эн}$  – цена замещаемого энергоносителя,  $у.е./кВт \cdot ч$ ;  $k_1$  – удельные тепловые потери через покрытие ГК, приходящиеся на кв. метр поверхности  $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$ ;  $x$  – толщина материала покрытия,  $м$ ;  $\Delta t$  –  $(t_3 - t_1)$  – разность между внутренней температурой ГК ( $t_3$ ) и окружающей средой ( $t_1$ )  $^\circ C$ ;  $n_1$  – среднегодовое количество часов работы ГК,  $ч$ .

Как известно удельные тепловые потери через покрытие зависят от вида материала и его толщины. Имея в виду, что это зависимость имеет нелинейный характер, выразим ее через полином  $n$ -ной степени:

$$K_4(x) = v_0 + v_1x + v_2x^2 + \dots + v_nx^n \quad (3)$$

Подставив полученное выражение  $k_4$  в (2), получим зависимость издержек на энергоноситель от толщины материала:

$$u_2 = C_{эн} \cdot (v_0 + v_1x + v_2x^2 + \dots + v_nx^n) \cdot \Delta t \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

Рассмотрим удельные годовые издержки на материал покрытия ГК, приведенные к квадратному метру поверхности, выразив их через капзатраты и нормативные коэффициенты отчислений:

$$u_1 = k_m \cdot (k_2 + k_3 + k_4) = k_m \cdot \sum_{i=1}^4 k_i \quad (5)$$

где:  $k_m$  – капзатраты на материал покрытия,  $у.е./м^2$ ;  $k_2$ ;  $k_3$ ;  $k_4$  - нормативные коэффициенты отчислений на амортизацию, текущий ремонт и прочие затраты,  $о.е.$

Удельные капзатраты, для известной марке материала, зависят от его толщины. Учитывая, что стоимость устанавливается продавцом, исходя из ряда факторов (транспортные расходы, затраты на хра-

нение и др.) и имеет нелинейный характер, выразим его полиномиальной зависимостью:

$$k_m = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$$

С учетом данной зависимости, формула (5) примет вид:

$$u_1 = \sum_{i=1}^3 k_i \cdot (a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n) \quad (6)$$

где:  $a_0, a_1, \dots, a_n$  - постоянные коэффициенты полиномов, о.е.

Подставив выражения (4) и (6) в исходную формулу (1) получим зависимость суммарных годовых издержек от толщины материала покрытия ГК и других параметров:

$$\sum u = \sum_{i=1}^3 k_i \cdot (a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n)$$

$$+ \text{Ц}_{\text{ЭН}} \cdot (v_0 + v_1x + v_2x^2 + \dots + v_nx^n) \cdot \Delta t \cdot n_1 \cdot 10^{-3} \quad (7)$$

Для нахождения оптимальной толщины покрытия приравняем нулю первую производную функции (7):

$$\sum_{i=1}^3 k_i \cdot (a_1 + a_2x + 3a_3x^2 + \dots + na_nx^{n-1})$$

$$+ \text{Ц}_{\text{ЭН}} \cdot (v_1 + v_2x + 3v_3x^2 + \dots + nv_nx^{n-1}) \cdot \Delta t \cdot n_1 \cdot 10^{-3} = 0 \quad (8)$$

Для получения достоверного результата достаточно ограничиться третьими членами полиномов. Тогда приводится к виду:

$$\sum_{i=1}^3 k_i \cdot (a_1 + a_2x + 3a_3x^2) + \text{Ц}_{\text{ЭН}} \cdot (v_1 + v_2x + 3v_3x^2) \cdot \Delta t \cdot n_1 \cdot 10^{-3} = 0 \quad (9)$$

или:

$$\left( 3a_3 \cdot \sum_{i=1}^3 k_i + 3v_3 \cdot \text{Ц}_{\text{ЭН}} \cdot \Delta t \cdot n_1 \cdot 10^{-3} \right) x^2 + \left( 2a_2 \cdot \sum_{i=1}^3 k_i + 2v_2 \cdot \text{Ц}_{\text{ЭН}} \cdot \Delta t \cdot n_1 \cdot 10^{-3} \right) x +$$

$$+ a_1 \sum_{i=1}^3 k_i + \text{Ц}_{\text{ЭН}} \cdot v_1 \cdot \Delta t \cdot n_1 \cdot 10^{-3} = 0 \quad (10)$$

Пользуясь полученной формулой можно рассчитать оптимальную толщину покрытия ГК. Паспортные характеристики материала покрытия обычно приводятся в рекламных проспектах фирм поставщиков. Пользуясь этими данными можно рассчитать искомые показатели – удельные годовые эксплуатационные издержки и ожидаемые издержки на энергоноситель.

В качестве примера приведены результаты расчетов искомых показателей ГК при использовании в качестве покрытия современного материала, полигля (рисунок 1).

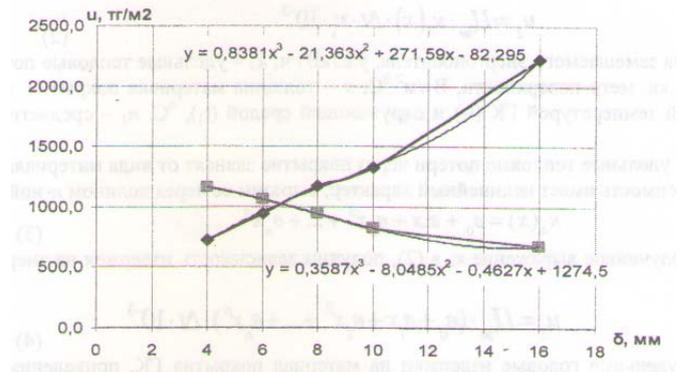


Рис. 1 – Графики зависимостей годовых эксплуатационных издержек и издержек на энергоносители от толщины полигля

При построении принята средняя разность температур  $\Delta t = 25^\circ$ , среднегодовое количество часов работы ГК равным 210 часов.

Удельные эксплуатационные издержки описываются полиномом:

$$U_{\text{ЭН}} = 0,8381x^3 - 21,363x^2 + 271,59x - 82,295$$

Удельные издержки на энергоноситель полиномом:

$$U_{\text{изнер}} = 0,3587x^3 - 8,0485x^2 - 0,4627x + 1274,5$$

Решение (10), после постановки в нее значений полиномов, дает величину оптимальной толщины материала – 6,7 мм., что соответствует точке пересечения кривых. Из анализа графиков можно сделать следующие выводы.

Полученные зависимости (7)...(10) позволяют производить расчеты оптимальной толщины для различных видов материалов. Оптимальная толщина и соответственно удельные суммарные издержки зависят от вида материала и его цены. Повышение стоимости энергоносителя будет способствовать смещению оптимума в сторону увеличения толщины материала и наоборот. Повышение стоимости материала, при постоянстве цен на энергоноситель будет способствовать снижению толщины материала.

#### Литература:

1. Валов М.И., Казанджан Б.И. Системы солнечного теплоснабжения. М., Моск. энерг.ин-т, 1991 г. 140 с.
2. Меренков А.П., Сеннова Е.В. и др. Математическое моделирование и оптимизация систем тепловодонефте- и газоснабжения. Новосибирск, Сибирский энергетический ин-т, 1992 г. – 405 с
3. Отчет о научно-исследовательской работе за 2006-2008 годы «Разработка технических средств теплоснабжения фермерских хозяйств с использованием солнечной энергии» 2008 г. – 168 с.

Рецензент: д.т.н. профессор Осмонов Ы.Ж.